

PUB-NO: DE003707244A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3707244 A1

TITLE: Method for digital transmission of  
radio signals

PUBN-DATE: September 15, 1988

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SCHALAMON, FRIEDRICH

COUNTRY

DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SIEMENS AG

COUNTRY

DE

APPL-NO: DE03707244

APPL-DATE: March 6, 1987

PRIORITY-DATA: DE03707244A ( March 6, 1987)

INT-CL (IPC): H04H001/00, H04B001/66

EUR-CL (EPC): H04H001/00

US-CL-CURRENT: 375/242

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O> Method for digital  
transmission of radio signals  
by means of broadband channels in which received HF radio  
signals (US1, US2,  
...) are converted from the intermediate frequency position  
into audio baseband  
signals (BS11, BS12, ...), all the audio baseband signals  
(BS11, BS12, ...)  
which have been converted into the baseband position are

sampled in an enclosed  
fashion and converted into a digital signal (DS1) which is  
transmitted and  
reconverted on the receive side into analog HF radio  
signals. <IMAGE>



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 37 07 244.7  
㉑ Anmeldetag: 6. 3. 87  
㉒ Offenlegungstag: 15. 9. 88

Behörden eigen

DE 3707244 A1

㉓ Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

㉔ Erfinder:  
Schalamon, Friedrich, 8034 Germering, DE

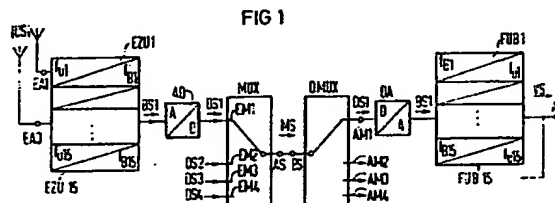
㉕ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 30 31 983 C2  
DE 36 03 977 A1  
DE 35 22 859 A1  
DE 32 08 308 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉖ Verfahren zur digitalen Übertragung von Hörrundfunksignalen

Verfahren zur digitalen Übertragung von Hörrundfunksignalen über Breitbandkanäle, bei dem empfangene UKW-Hörrundfunksignale (US1, US2, ...) aus der Zwischenfrequenzlage in Ton-Basisbandsignale (BS11, BS12, ...) umgesetzt werden, alle in die Basisbandlage umgesetzten Ton-Basisbandsignale (BS11, BS12, ...) geschlossen abgetastet und in ein Digitalsignal (DS1) umgesetzt werden, das übertragen und empfangsseitig in analoge UKW-Hörrundfunksignale rückumgesetzt wird.



DE 3707244 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur digitalen Übertragung von Hörrundfunksignalen über Breitbandkanäle, dadurch gekennzeichnet, daß empfangene UKW-Hörrundfunksignale (*US 1, US 2, ...*) einzeln aus der Zwischenfrequenzlage (*f<sub>ZF</sub>*) in Ton-Basisbandsignale (*BS 11, BS 12, ...*) mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen umgesetzt werden, daß alle Ton-Basisbandsignale (*BS 11, BS 12, ...*) geschlossen abgetastet und in ein Digitalsignal (*DS 1*) umgesetzt werden, daß das Digitalsignal (*DS 1*) übertragen wird und daß empfangsseitig das Digitalsignal (*DS 1*) in analoge UKW-Hörrundfunksignale rückumgesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß amplitudenmodulierte Kurz-, Mittel- und Langwellen-Hörrundfunksignale (*K-M-L*) zunächst in frequenzmodulierte Signale umgesetzt und anschließend ebenfalls in Ton-Basisbandsignale (*BS 13*) umgesetzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder bei der Abtastung der Ton-Basisbandsignale erhaltene Abtastwert mit 9 oder 10 Bits quantisiert wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kanalabstand der Ton-Basisbandsignale (*BS 11, BS 12, ...*) von 400 KHz vorgesehen ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Digitalsignale (*DS 1, DS 2, DS 3, DS 4*) zu einem Multiplexsignal zusammengefaßt werden.
6. Verfahren zur digitalen Übertragung von Hörrundfunksignalen über Breitbandkanäle, dadurch gekennzeichnet, daß der UKW-Bereich in mindestens drei Frequenzteilbänder (*FT 1, FT 2, FT 3*) aufgeteilt wird, daß die UKW-Hörrundfunksignale (*US 11, US 12, ...*) jedes Frequenzteilbandes (*FT 1, FT 2, FT 3*) in Ton-Basisbandsignale (*BS 11, BS 12, ...*) eines Basisbandes (*BB 1*) umgesetzt werden, daß die Ton-Basisbandsignale (*BS 11, BS 12, ...*) jedes Basisbandes (*BB 1, BB 2, BB 3*) geschlossen abgetastet und in Digitalsignale (*DS 1, DS 2, DS 3*) umgesetzt werden, daß die Digitalsignale (*DS 1, DS 2, DS 3*) zu einem Multiplexsignal (*MS*) zusammengefaßt und übertragen werden und daß empfangsseitig das Multiplexsignal in die Digitalsignale (*DS 1, DS 2, DS 3*) aufteilt wird, in analoge Basisbandsignale (*BS 1, BS 2, BS 3*) umgewandelt und in den UKW-Bereich umgesetzt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die abgetasteten Ton-Basisbandsignale (*BS 11, BS 12, ...*) mit 8 oder 9 Bits codiert werden.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die UKW-Hörrundfunksignale (*US 1, US 2, ...*) in Frequenzteilbändern zunächst in den Video-Zwischenfrequenzbereich (*f<sub>V</sub>*) umgesetzt werden und anschließend in die Basisbandlage (*BB 1, ...*) umgesetzt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Rückumsetzung der Basisbandsignale (*BS 1, BS 2, BS 3*) in UKW-Hörrundfunksignale über den Video-Zwischenfrequenzbereich (*f<sub>V</sub>*) erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 5 oder einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Digitalsignale (*DS 1, DS 2, DS 3*) synchron übertragen werden.

## Beschreibung

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur digitalen Übertragung von Hörrundfunksignalen über Breitbandkanäle.
- Die Versorgung von Hörrundfunkteilnehmern erfolgt in zunehmendem Maße über Breitband-Verteilnetze. In Rundfunkempfangsstellen werden die empfangenen Hörrundfunksignale zunächst signalmäßig aufbereitet, bevor sie über Glasfaserkabel oder Koaxialkabel zu einer Breitband-Verteilstelle und von hier zu den Teilnehmern gelangen. Die Übertragung zwischen Rundfunkempfangsstelle und Breitband-Verteilstelle kann prinzipiell mit demodulierten analogen Rundfunksignalen erfolgen. Eine solche Übertragung wäre jedoch extrem aufwendig und mit Qualitätseinbußen verbunden. Die demodulierten Rundfunksignale können auch digitalisiert werden, um anschließend über einen Multiplexkanal übertragen zu werden. Durch die Demodulation, Digitalisierung und Digital-Analog-Umsetzung mit anschließender erneuter Modulation würden jedoch ebenfalls Qualitätseinbußen auftreten. Der Aufwand für die Übertragungseinrichtung wäre zwar geringer, der Aufwand für die Demodulations- und Modulationseinrichtungen jedoch weiterhin erheblich.
- Aufgabe der Erfindung ist es, ein kostengünstiges Übertragungsverfahren für Hörrundfunksignale über Verbindungen eines Breitbandnetzes anzugeben.
- Die Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebene Merkmale gelöst.
- Außerdem wird eine mit geringerem Aufwand realisierbare Weiterbildung angegeben.
- Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.
- Es ist besonders vorteilhaft, daß die aufbereiteten Empfangssignale in die Ton-Basisbandsignale mit dem gewünschten Tonträgerabstand umgesetzt werden, um anschließend geschlossen abgetastet und digitalisiert zu werden. Hierbei können unterschiedliche Antennen zum optimalen Empfang der Rundfunksignale eingesetzt werden und die Empfangssignale individuell aufbereitet werden. Die geschlossene Abtastung aller Empfangssignale eines Ton-Basisbandes bedingt nur einen geringen Schaltungsaufwand.
- Die Umsetzung in Normbitraten ist vorteilhaft, da bereits bestehende Übertragungseinrichtungen verwendet werden können. Empfangsseitig erfolgt die Rückumsetzung in analoge Signale, die im allgemeinen wieder in eine höhere Frequenzlage, beispielsweise das UKW-Rundfunkband umgesetzt werden. Eine Demodulation und erneute Modulation ist bei diesem Verfahren nicht notwendig.
- Eine Quantisierung mit 9 oder 10 Bits je Abtastwert ergibt bereits einen ausgezeichneten Geräuschspannungsabstand. Aber auch bei 8 Bits Auflösung je Abtastwert und Synchronbetrieb ergibt bereits einen Geräuschabstand nach CCIR Rec. 468 von größer 60 dB. Neben den heutigen Qualitätsansprüche zufriedenstellenden UKW-Rundfunksendern können selbstverständlich auch amplitudenmodulierte Signale übertragen werden. Aus Gründen der Störsicherheit ist es je-

doch zweckmäßig, die AM-Rundfunksignale vorher zu demodulieren und in FM-Rundfunksignale vor der Übertragung umzusetzen.

Anstelle der Umsetzung einzelner Hörrundfunksignale in den Ton-Basisbandbereich ist theoretisch auch die geschlossene Umsetzung des gesamten UKW-Bereichs in den Ton-Basisbandbereich möglich. Die bei der Digitalisierung erforderlichen Abtasteinrichtungen sowie Analog-Digital-Umsetzer sind jedoch beim heutigen Stand der Technik noch nicht zu realisieren. Deshalb wird der UKW-Bereich in mehrere Teilbänder aufgeteilt, die jeweils in einen Ton-Basisbandbereich zwischen ca. 0 und 7 MHz umgesetzt werden. Durch Zwischenumsetzung der UKW-Teilbänder in den Video-Zwischenfrequenzbereich können bereits vorhandene Umsetzer- und Signalaufbereitungseinrichtungen verwendet werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild zur Realisierung der Erfindung mit Einzelkanalumsetzung,

Fig. 2 einen Frequenzplan,

Fig. 3 einen Frequenzplan zur Umsetzung von amplitudenmodulierten Empfangssignalen,

Fig. 4 ein Prinzipschaltbild zur Umsetzung von UKW-Teilbändern,

Fig. 5 einen Frequenzplan hierzu,

Fig. 6 ein Blockschaltbild zur Einzelkanalumsetzung und

Fig. 7 ein Blockschaltbild zur UKW-Teilbandumsetzung.

Das in Fig. 1 dargestellte Prinzipschaltbild enthält bis zu 15 Empfangs-Zwischenfrequenzumsetzer *EZU1* bis *EZU15*. An die Antenneneingänge — in Fig. 1 sind nur zwei Antenneneingänge *EA1* und *EA3* dargestellt — können verschiedenen Empfangsantennen angeschlossen sein. Die Ausgänge der Empfangs-Zwischenfrequenzumsetzer sind zusammengeführt und mit dem Eingang eines ersten Analog-Digital-Umsetzers *AD1* verbunden. Dessen Ausgang ist mit dem ersten Eingang *EM1* einer Multiplexeinrichtung *MUX* verbunden, über deren Streckenausgang *AS* ein Multiplexsignal über einen Breitbandkanal zu dem Streckeneingang *ES* einer Demultiplexeinrichtung *DMUX* übertragen wird. An den ersten Ausgang *AM1* der Demultiplexeinrichtung ist ein erster Dialog-Analog-Umsetzer *DA1* angeschaltet, dessen Ausgang mit den Eingängen von Basisband-Frequenzumsetzern *FUB1* bis *FUB15* verbunden ist. Die Ausgänge der Basisband-Frequenzumsetzer sind ebenfalls zusammengeführt, so daß an dem gemeinsamen Verteilerausgang *AV* die Rundfunksignale, beispielsweise im ursprünglichen UKW-Bereich, abgegeben werden.

Der Frequenzplan zum Prinzipschaltbild nach Fig. 1 ist in Fig. 2 dargestellt.

Die Aufgabe der Empfangs-Zwischenfrequenzumsetzer *EZU* ist die Aufbereitung von einzelnen Empfangssignalen *US*. Um gute Ergebnisse zu erzielen können zunächst unterschiedliche Richtantennen verwendet werden. Ein einzelnes Empfangssignal — hier beispielsweise ein UKW-Hörrundfunksignal *US1* wird zunächst — wie in Fig. 2 dargestellt — in die Zwischenfrequenzlage ( $f_{ZF} = 10,7$  MHz) umgesetzt, geregelt und begrenzt. Das so aufbereitete Zwischenfrequenzsignal wird in die Basisbandlage umgesetzt, einem ersten Basisband *BB1* zugeordnet und hier als Ton-Basisbandsignal *BS11* bezeichnet. Die Empfangs-Zwischenfrequenzumsetzer können hierbei so ausgelegt werden,

daß die Abstände der Trägerfrequenzen zwischen den umgesetzten Empfangssignalen *BS11*, *BS12* mindestens 400 kHz betragen. Das erste Basisband *BB1* umfaßt beispielsweise einen Frequenzumfang zwischen 200 kHz und 6,2 MHz, wobei die Trägerfrequenzen zwischen 0,4 MHz und 6,0 MHz liegen. Die Summe der umgesetzten Empfangssignale *BS11*, *BS12*, ... bilden das Basisbandsignal *BS1*. Das Basisbandsignal *BS1* wird von einem ersten Analog-Digital-Umsetzer *AD1* geschlossen abgetastet und digitalisiert. Die Quantisierung erfolgt mit 9 oder 10 Bits je Abtastwert, wobei ein erstes Digitalsignal *DS1* mit einer Normbitrate von 139 264 kbit/s nach CCITT-Rec. 703 erzeugt wird. Bei plesiochronem Betrieb werden Störabstände von mehr als 60 dB erreicht. Bei Synchronbetrieb erhöht sich wegen des fehlenden Stopf-Jitters der Störabstand nochmals um ca. 6 dB. Das erste Digitalsignal kann direkt übertragen werden oder vorher mit weiteren Digitalsignalen *DS2* bis *DS4* zu einem Multiplexsignal *MS* zusammengefaßt werden, wie dies im Prinzipschaltbild nach Fig. 1 dargestellt ist.

Empfangsseitig wird das erste Digitalsignal *DS1* in das erste Basisbandsignal *BS1* rückumgesetzt. Über die Basisband-Frequenzumsetzer *FUB1* bis *FUB15* können die UKW-Hörrundfunksignale in Verteilsignale *VS* umgesetzt, die beispielsweise wieder im UKW-Rundfunkband ausgesendet werden. Bis zu 15 UKW-Hörrundfunksignale können bei einem Frequenzabstand der Trägerfrequenzen von 400 kHz bei einer Normbitrate von 139 264 kbit/s übertragen werden. Selbstverständlich können auch noch weitere Hörrundfunksignale in weitere Basisbänder *BB2*, *BB3* und Digitalsignale *DS2*, *DS3* umgesetzt und übertragen werden. Die weiteren Digitalsignale *DS2* bis *DS4* können aber auch beispielsweise Fernsehprogramme beinhalten.

Selbstverständlich können nicht nur UKW-Hörrundfunksignale übertragen werden. Ebenso ist die Übertragung von Kurz-, Mittel- und Langwellen-Hörrundfunksignalen möglich (Fig. 3). Die amplitudenmodulierten Kurz-, Lang- und Mittelwellen-Empfangssignale werden zunächst in die AM-Zwischenfrequenzlage ( $f_{ZA} = 460$  kHz) umgesetzt und demoduliert, z. B. das Empfangssignal *MS13*. Anschließend wird der FM-Zwischenfrequenzträger ( $f_{ZF} = 10,7$  MHz) frequenzmoduliert und das frequenzmodulierte Signal wird nach einer weiteren Frequenzumsetzung als Ton-Basisbandsignal *BS13* in das erste Basisband *BB1* eingefügt. Selbstverständlich ist auch ein Einfügen eines umgesetzten Hörrundfunksignals in die Verteilsignale bei einer Breitband-Verteilstelle möglich.

Die digitalisierten Hörrundfunksignale eines Basisbandes können als Digitalsignal über alle geeignete digitalen Kanäle und zwischen unterschiedlichen Einrichtungen übertragen werden. Der Einsatz der Erfindung ist überall da zweckmäßig, wo eine größere Anzahl von Hörrundfunksignalen übertragen werden soll. Sie eignet sich daher beispielsweise zur Übertragung zwischen verschiedenen Rundfunk-Empfangsstellen und Verteilstellen eines Breitbandnetzes. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Digitalsignale direkt bis zum Teilnehmer zu übertragen, der dann die Umsetzung in analoge Signale durchführen muß.

Um den sogenannten Stopf-Jitter zu vermeiden, sollte beim Multiplexbetrieb eine synchrone Übertragung der Digitalsignale erfolgen. In Fig. 4 ist eine Variante der Erfindung dargestellt. Bei dieser erfolgt keine Umsetzung von einzelnen UKW-Empfangssignalen, sondern die Umsetzung ganzer Frequenzteilbänder (Fig. 5). Zur

Umsetzung eines Frequenzteilbandes ist in diesem Ausführungsbeispiel die Reihenschaltung eines ersten Empfangsfrequenzumsetzers *EU1*, eines ersten Zwischenfrequenzumsetzers *ZFU1* und eines ersten Analog-Digital-Umsetzers *AD1* vorgesehen. Das vom ersten Analog-Digital-Umsetzer *AD1* abgegebene Digitalsignal *DS11* wird über die Multiplexeinrichtungen *MUX* und *DMUX* übertragen. Die Rückumsetzung in den UKW-Bereich erfolgt über die Reihenschaltung eines ersten Digital-Analog-Umsetzers *DA1*, eines ersten Basisbandumsetzers *BBU1* und eines ersten Zwischenfrequenz-Rückumsetzers *ZRU1*.

Der gesamte UKW-Bereich wird beispielsweise in 3 Frequenzteilbänder *FT1*, *FT2* und *FT3* aufgeteilt (Fig. 5), die separat digitalisiert und übertragen werden. Am Verteilerausgang *AV* werden die drei rückumgesetzten Frequenzteilbänder zum ursprünglichen UKW-Bereich zusammengefaßt. Im angegebenen Ausführungsbeispiel erfolgt zunächst eine Zwischenumsetzung jedes Frequenzteilbandes *FT1*, *FT2*, *FT3* des UKW-Frequenzbereiches  $f_u$  in Zwischenfrequenzsignale *ZFS1*, ... des Video-Zwischenfrequenzbereiches  $f_v$ , da hier bereits die notwendigen Bandpässe zur Verfügung stehen. Die Frequenzteilbänder *FT1* bis *FT3* bzw. die Zwischenfrequenzsignale werden jeweils in Basisbandsignale *BS1*, *BS2*, *BS3* der Basisbänder *BB1*, *BB2*, *BB3* umgesetzt, die hier zwischen ca. 0 Hz und 7 MHz liegen. Dieser Frequenzbereich ist so gewählt, daß auch ein Farbfernsehsignal in den Basisbandbereich umgesetzt werden kann, wobei die Bildträgerfrequenz bei 1,25 MHz liegt. Jedes Basisbandsignal *BS1*, *BS2*, *BS3* wird geschlossen abgetastet und digitalisiert. Es ist dabei eine 8-Bit- oder 9-Bit-Auflösung möglich. Die Abtastfrequenz wird so gewählt, daß wieder die Normbitrate von 139 264 kbit/s erzeugt wird. Vier Digitalsignale *DS1* bis *DS4* können zu einem Multiplexsignal *MS* zusammengefaßt und übertragen werden. Empfangsseitig wird jedes Digitalsignal zunächst in ein Basisbandsignal rückumgewandelt und anschließend in den UKW-Bereich umgesetzt. Hierbei kann die Rückumsetzung auch wieder über den Video-Zwischenfrequenzbereich erfolgen, wobei dem Basisbandsignal *BS1* das Zwischenfrequenzsignal *ZFS1* entspricht. Die drei Frequenz-Teilbänder werden wieder zum UKW-Bereich zusammengefaßt.

Nachteilig bei der Umsetzung von Frequenzteilbändern ist, daß die UKW Empfangssignale nicht individuell aufbereitet werden können.

In Fig. 6 sind Blockschaltbilder der Empfangs-Zwischenfrequenzumsetzer dargestellt. Der erste Empfangs-Zwischenfrequenzumsetzer *EZU1* ist für die Umsetzung von UKW-Empfangssignalen geeignet. Außerdem ist ein Empfangs-Zwischenfrequenzumsetzer *EZA1* für amplitudenmodulierte Signale dargestellt, der zunächst das empfangene Signal demoduliert und dann ein frequenzmoduliertes Signal erzeugt, das vom Zwischenfrequenzbereich in den Basisbandbereich umgesetzt wird.

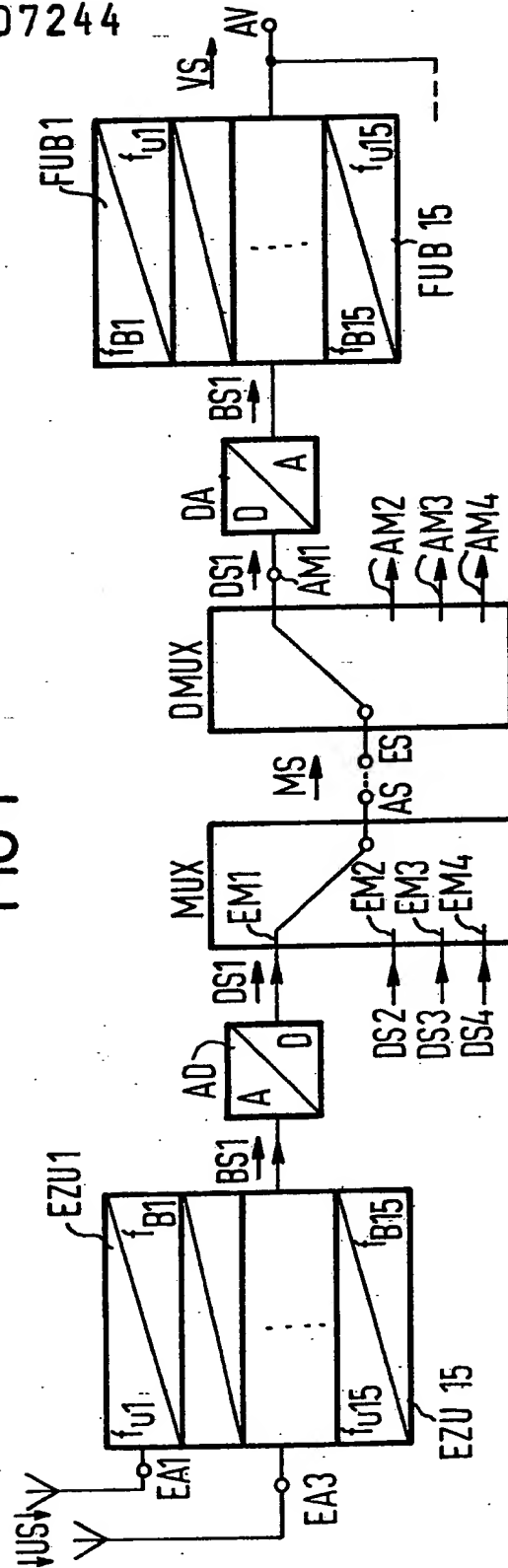
In Fig. 7 ist ein Empfangsumsetzer dargestellt, wie er im Prinzipschaltbild nach Fig. 4 Verwendung findet. Er enthält einen Eingangsteil *ET*, der zunächst einen UKW-Teilbereich in den Video-Zwischenfrequenzbereich  $f_v$  umsetzt. Das Zwischenfrequenzsignal wird in einem Zwischenfrequenzteil *ZFT* bandbegrenzt, amplitudenbegrenzt und geregelt. In einem Umsetzerteil *UT* wird das Zwischenfrequenzsignal *ZFS1* in den Basisbandbereich umgesetzt. Das Basisbandsignal *BS1* wird entsprechend Fig. 5 dem ersten Analog-Digital-Um-

setzer *AD1* zugeführt. Von der Umsetzung der amplitudenmodulierten Empfangssignale abgesehen, ist eine Demodulation und erneute Modulation der Signale nicht notwendig. Hierdurch werden Qualitätseinbußen vermieden.

1/7

3707244

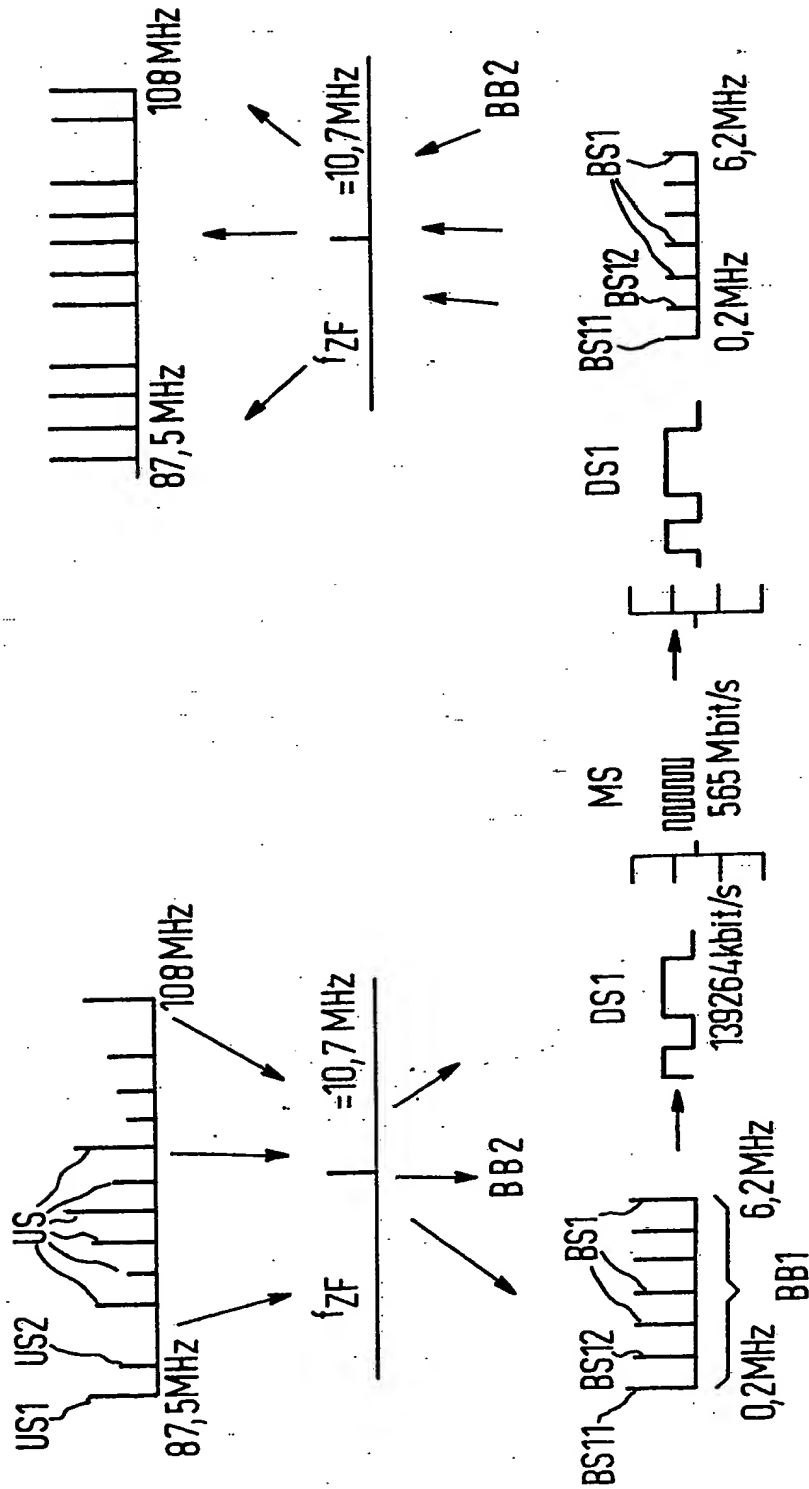
FIG 1



2/7

3707244

FIG 2

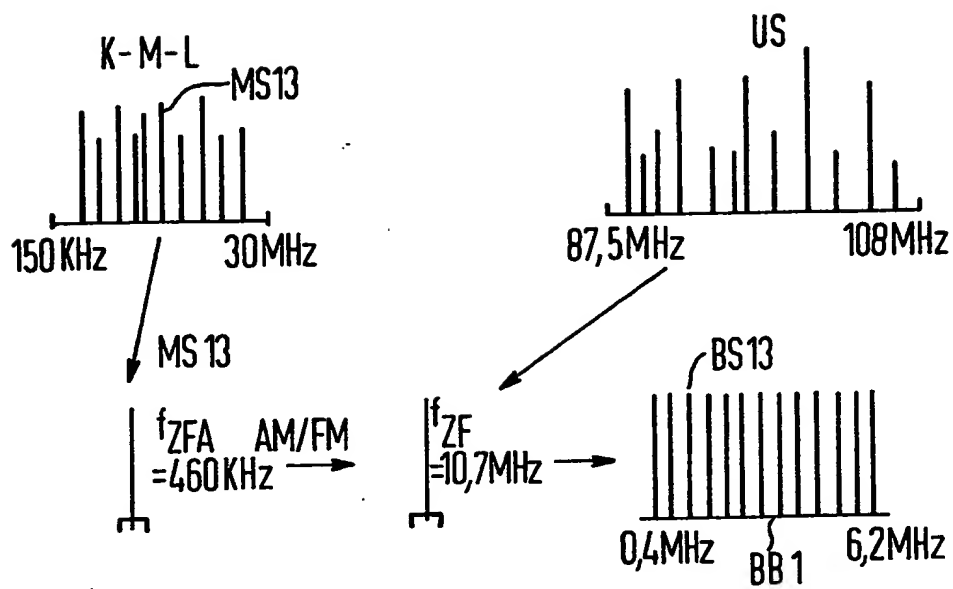




3/7

3707244

FIG 3



05.03.87

87 P 1 1 3 8 DE

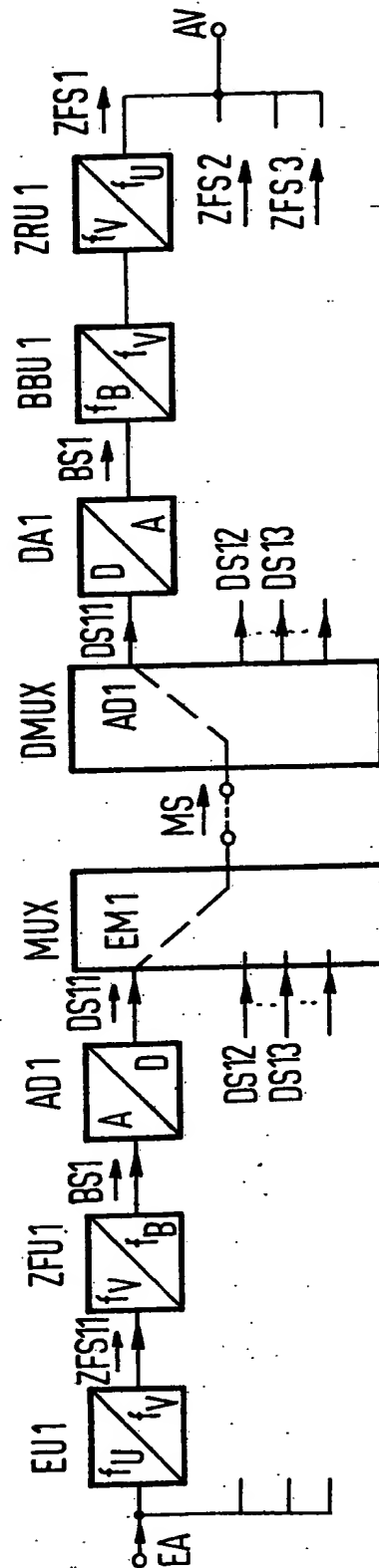
14:11

14

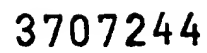
4/7

3707244

FIG 4



5/7



6/7

3707244

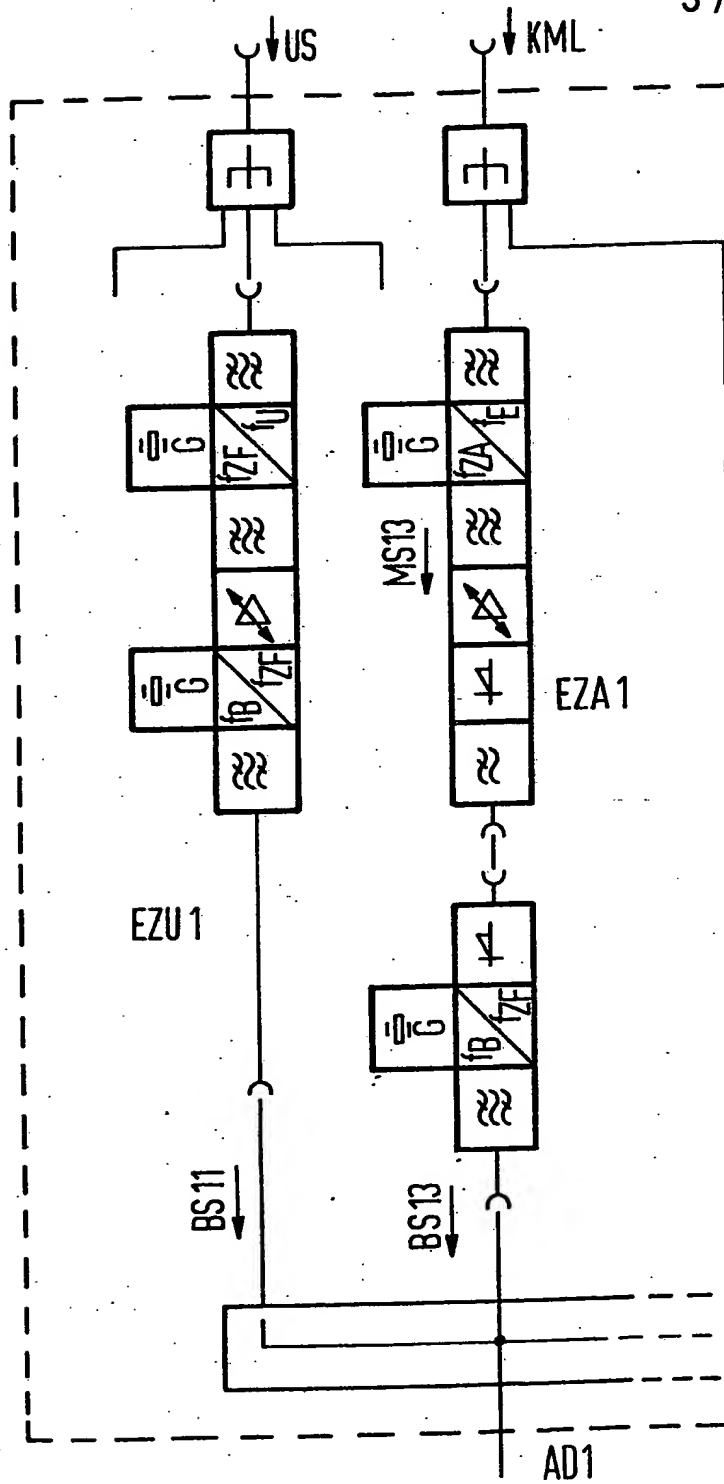


FIG6

7/7

FIG 7

3707244

